

冷間壓延加工時 Work roll 磨滅과 板面粗度に 관한 研究

전 언 찬*, 김 순 경**

A Study on Work Roll Wear and Surface Roughness of Steel Strip in the Cold Rolling

Eon-Chan, Jeon*, Soon-Kyung, Kim**

Abstract

The decrease in surface roughness of work roll and steel strip in cold rolling of low carbon steel strip has been investigated by working distance, materials, total separating force and total reduction ratio.

The main results are as follows:

For the same lubricating conditions,

- 1) The changing of surface roughness of steel strip were similar to work roll. The transcription ratio is in inverse proportion to the carbon content of steel strip.
- 2) The surface roughness of steel strip is hardly change according to changing of total separating force and total reduction ration.
- 3) The wear of work rolls surface is more rapid in that case of continuous casted steel strip than ingot casted steel strip. The aluminium content dull powder adhere on the rolls surface, and so, It makes the mirror surface of work roll accelerate.

I. 序 論

최근 熱間壓延加工時 工程이 단순하고 回收率이 높은 連續鑄造材 (Continuous casting strip) 인 CC 材가 종전의 加工過程이 複雜하고 不良率이 높은 Ingot 鑄造材 (Ingot casting strip) 인 IC 材보다 그 生産이 점차 증대되어 冷間壓延 材料의 주종을 차지하고 있다.

CC 材의 증가에 따라 冷間壓延加工時 Work roll 粗도가 IC 材에 비해 粗度低下가 현저하게 크기 때

문에 ' ' 슬립 (Slip) 현상과 채터링 (Charttering) 현상 등이 發生하므로 壓延加工性이 不安定하여 Work roll과 板表面에 손상이 생기게 되고, 壓延加工時 Roll事故 등의 큰 問題가 發生하므로 粗度低下 정도를 把握하여 效果的으로 Work roll을 管理 하므로써 Work roll과 판표면의 슬립현상 및 채터링 현상 등을 防止할 수 있다. 따라서 Work roll 磨滅과 粗度變化에 큰 영향을 주는 원인을 살펴보면 壓延加工時 Work roll과 板表面의 摩擦에 의하여 Work roll에 마멸이 생겨 表面粗도가 나빠지고, 硬度가

* 동아대학교 기계공학과

** 동아대학교 산업대학원, ((현)연합전장)

높은 酸化介在物에 의한 Work roll의 연마현상으로 脫酸材로 사용되는 알루미늄 성분이 粉末化되어 Work roll의 表面에 凝着되어 粗도가 低下되는 현상과,⁵⁻⁹⁾ 壓延材料의 硬度증가에 따라 Work roll과 판면사이의 接觸面壓이 증가하여 磨滅이 진행된다. 또한 潤滑의인 側面에서는 壓延油의 粘度, Emulsion의 濃度, 遊離脂肪酸과 鐵과의 反應에 의한 鐵 Scum 생성에 의한 영향¹⁰⁾ 등으로 分類되고 있다.

冷延鋼板의 需要處는 自動車의 外裝材와 內藏材, 冷藏庫材, 電子製品, 建築用 등 거의 모든 産業에 걸쳐 사용되어지고 있으며, 最近에 冷間壓延板에 亞鉛鍍金이나, 알루미늄을 合金한 亞鉛鍍金, 그리고 페인팅으로 耐久性과 耐食성을 兼備한 表面處理鋼板의 수요가 급격히 增加하고있어 板面粗度管理의 精密度가 점차 問題로 대두되고 있으나 이 分野에 관한 研究結果가 거의 없는 실정이다. 壓延加工時 問題가 되는 粗도에 관한 研究가 部分的으로 이루어지고 있으나, 아직 初期 段階에 있다고 생각되며 여기에 관하여 좀 더 體系的이고 具體的인 研究가 必要하다고 생각된다.

따라서 本 研究에서는 荷重에 의한 Work roll 粗度低下變化를 壓延加工을 통하여 分析하고, Work roll 表面粗도와 板面粗度の 相關關係를 구하여 Work roll의 최적 가공길이를 산출하고, 판면에 轉寫되는 粗度の 정도를 나타내는 轉寫率을 調査하고져 酸洗處理한 原資材 表面에서 부터 電解清靜을 거친 후의 板面粗度を 實作業 條件에서 調査하여 Work roll 磨滅과 粗度低下에 큰 影響을 미치는 壓延加工길이, 實驗材料의 種類, 壓延荷重, 알루미늄 산화기제물의 영향과 轉寫率을 조사하는 것을 목적으로 하였다.

II. 實驗裝置 및 方法

1. 實驗材料

本 實驗에 사용한 實驗材料는 냉간압연가공에 맞

이 사용되는 연강판으로서 SAE 1006, SAE 1008, SAE 1012 및 SAE 1017등 이며 그 化學的 成分은 Table 1과 같고 機械的 性質은 Table 2와 같다.

Table 1 Chemical compositions of specimens (wt. %)

Materials	C	Si	Mn	P	S
SAE 1006	0.04	-	0.21	0.009	0.010
SAE 1008	0.05	0.009	0.25	0.010	0.010
SAE 1012	0.11	0.005	0.47	0.013	0.003
SAE 1017	0.16	0.007	0.54	0.013	0.003

Table 2 Mechanical properties of specimens.

Materials	Hardness (HrB)	Yield strength (kgf/mm ²)	Tensile strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)
SAE 1006	43.20	10.60	21.20	33.00
SAE 1008	53.80	27.00	36.50	42.20
SAE 1012	56.70	29.20	37.10	43.20
SAE 1017	64.10	32.50	45.20	38.20

그리고 壓延油의 化學成分은 Table 3과 같으며 壓延油의 실험조건은 Table 4에서와 같이 일정하게 두었다.

실험에 사용된 壓延油는 壓延 Work roll表面과 판면의 摩擦을 적게하고 Roll表面에 附着되어 있는

Table 3 Compositions and properties of lubricant

Compositions (wt. %)	Tallow (base)	90.5
	Fatty acid	2.5
	Lubricity additives	2.0
	Antioxidants	1.0
	Etc.	4.0

Table 4 Experimental conditions of lubricant

Lubricants control	3.0 (wt. %)
Iron fines	1500 PPM
Temperature	60° C
Chlorides	15 PPM

Dull 粉末을 제거해주는 役割을 하기 때문에 Roll 磨滅에 있어서 매우 중요한 인자''로 作用된다.

2. 實驗裝置

Table 5는 냉간압연기의 실험조건을 나타낸 것이며 本 實驗에 사용된 冷間壓延機는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 4단 가역압연기의 압하용 유압실린더가 Back up roll chock 하부에 위치하고 있으며 最大 壓下壓力은 2,600톤정도이나 실제사용되는 壓下力은 1,400톤이하에서 주로 壓延加工이 행해진다. 판의 두께制御는 Work roll 입구측과 출구측에 설치되어있는 X-선 두께측정기를 이용한 Feed forward, Feed back mode를 사용하는 自動 두께制御裝置 (Automatic gage cntrol system)을 사용하고 있어

Table 5 Cold rolling condition for experiment

Line speed	800 MPM (max.)	
Work roll dia.	φ 450 (mm)	
Reduction power	920~1,300 M/T	
Thickness (mm)	Hot coil	2.75~3.25
	Production	0.8~1.6
Strip width (mm)	914, 1219	
Thickness control	Automatic gage control system	

精密度가 높으며 Setting한 두께의 ±1%이내에 98% 이상이 들어갔다.

3. 實驗方法

酸洗工程에서 熱間壓延板을 酸洗한후 Hot air로 건조시킨 후 冷間壓延加工前의 板表面粗度를 測定하고, 冷間壓延加工後의 板表面 粗度測定은 壓延加工時 發生된 Scum, 壓延油 및 鐵粉 등을 電解清靜工程에서 完全히 제거한후 粗度를 測定하였다. 판면의 粗度測定部位는 판의 幅方向에서 중앙부와

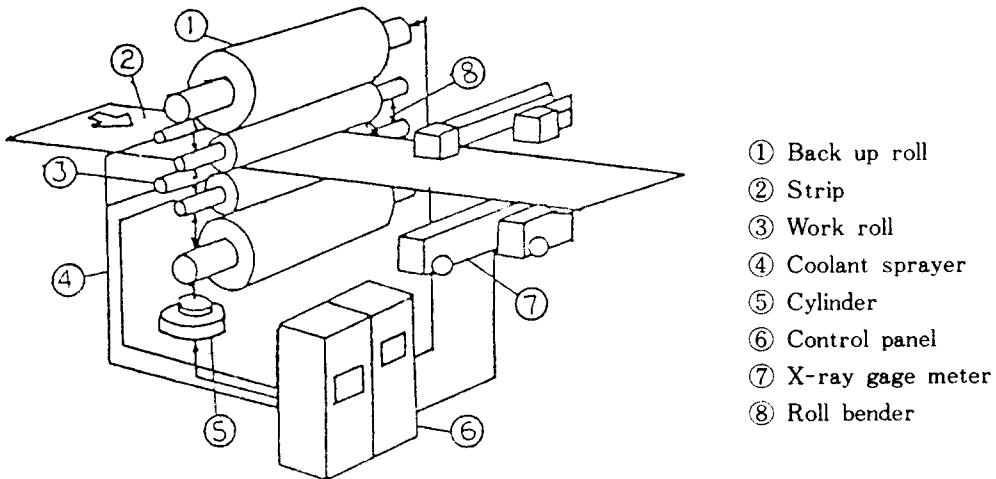


Fig. 1 The schematic experimental apparatus.

가장자리의 중앙에서 측정하였고, 각 coil의 맨 앞뒤 부분 1톤 지점에서 측정하였다. 板面 및 壓延加工後 Work roll의 粗度測定은 壓延加工 길이를 계산하여 25km 間隔으로 區分하였고, 압하력에 대한 粗度の 變化를 調査하기 위하여 壓延荷重 920Ton, 980Ton 및 1030Ton에 대해 實驗을 하였다. 그리고 壓延壓下率을 變化시켜 表面의 粗度が 어떻게 變하는가를 검토하였다. 또한 동일조건하에서 壓延總壓下率만 3가지로 구분하여 실시하고 다음공정에서 粗度を 測定하여 比較 검토하였다.

Ⅲ. 實驗結果 및 考察

1. Work roll의 粗度變化

Work roll 表面의 粗度附與方法과 測定方法은 앞에서 說明한 바와 동일하며, Roll 表面粗度の 磨滅이 Work roll 마멸과 같기 때문에 Work roll 表面의 粗도가 매우 중요하다. 壓延加工前과 壓延加工後의 Work roll 表面粗度を 길이방향의 중앙에서 측정하여 Fig. 2에 나타내었다.

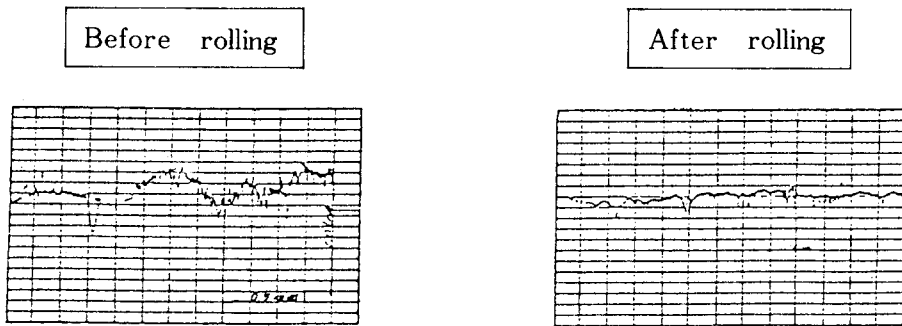


Fig. 2 Surface roughness of work roll.

壓延加工前의 Work roll 表面粗度は Roll dull기에서 Shot blasting 한 직후이기 때문에 Roll 表面에 돌기수가 많음을 Fig. 2에서 볼 수 있고, 壓延加工後의 Roll 表面粗度は 表面돌기가 철관과의 摩擦에 의한 磨滅로 거의 平面化됨을 알 수 있었다.

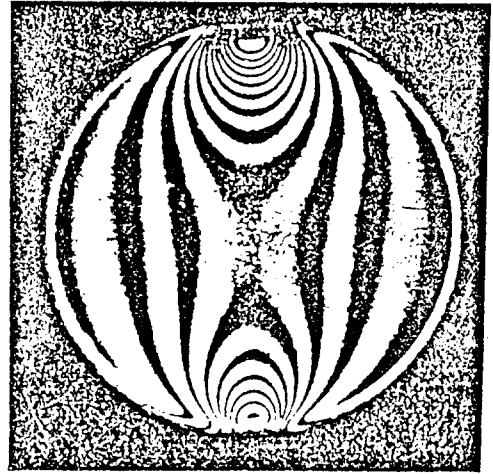


Fig. 3 Photo. of work roll under loaded condition.

壓延加工時 Work roll 이 받는 荷重分布狀態를 광탄성체를 使用하여 보면 Fig. 3에서와 같이 板面 및 Back up roll과 선접촉이 이루어지는 지점에서 집중적으로 하중을 받아 마멸이 발생됨을 알 수 있었다. Fig. 4에서는 압연가공거리에 따른 가공재질별 조건변화를 나타 냈다. 탄소함유량이 적은 재질인 SEA 1006은 初期에는 Roll表面의 돌기가 磨滅되면

서 급격한 粗度低下가 이루어지다가 50km를 지나면 서 다소 정도가 緩慢하게 되며, 또한 SAE 1008도 SAE 1006과 매우 유사한 傾向을 나타내고 있다. 그러나 SAE 1012의 경우 壓延加工 초기에는 SAE 1008, SAE 1006과 유사한 傾向을 보이다가

100km를 지나면서 조도가 급격하게 감소함을 알 수 있다. 이같은 현상은 Roll表面에 돌기부의 磨滅速度가 빠르게 진전되기 때문으로 생각된다. 한편 SAE 1017의 경우는 加工初期부터 表面粗도와 밀접한 關係를 나타내는 Roll表面돌기부가 炭素含有量이 많아 表面硬度가 높은 板面과의 摩擦로 인한 응착으로 磨滅이 진전되며 Roll 表面에 Dull 분말이 부착되어 早期에 鏡面化되었다고 생각된다.

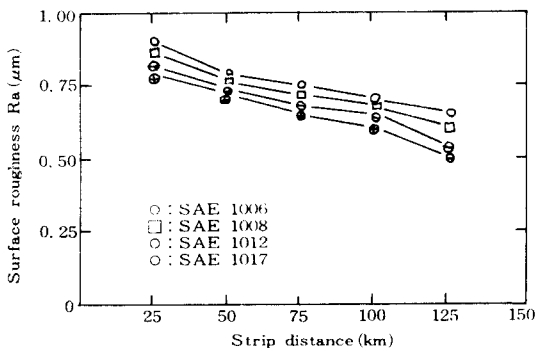


Fig. 4 Relation between work roll surface roughness and strip distance (initial roughness : 1.0Ra μ).

2. 實驗材料의 板面粗度變化

冷間壓延加工時 열간압연된 板面の 粗度は 크게 중요하지 않으나, 壓延加工後의 板面粗度は 다음 공정에서 불량(Sticking)을 유발시키는 인자가 되므로 매우 중요하다고 할 수 있다. 압연가공전과 가공후

의 板面粗度を Fig. 5에 나타냈다. 그리고 電解脫脂前, 後를 구분하여 살펴보면 Fig. 6에서 보는 바와 같이 電解脫脂前에는 板面に 附着되어있던 Dull粉未이 電解脫脂後에는 제거되어짐을 알 수 있었다. 또한 壓延加工後 板面을 깨끗하게 電解脫脂한후 表面을 電子顯微鏡으로 擴大하여 보면 Fig. 6에서 보는바와 같이 接觸面에 의한 擬着磨滅과 硬質突起에 의한 軟質표면의 切削作用으로 Abrasive磨滅이 發生함과 同時に 加工硬化되어 단단해진 板表面에 龜裂이 발생되었다.

Fig. 7에서는 板面の 粗度が 壓延加工距離의 變化에 따라 實驗材料別로 어떻게 變化하는가를 나타낸 것으로써 압연 Roll을 거친 板面の 粗度は Work roll의 粗度變化와 거의 유사한 경향을 나타내었다. 炭素含有量이 적은재질인 SAE 1006은 壓延加工初期에는 Roll 表面돌기의 磨滅로 인한 Roll 表面의 粗度低下로 板面粗度も 急速히 低下하다가 50km를 지나면서 그정도가 緩慢하게 되어지고, SAE 1008도 SAE 1006과 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 SAE 1012의 경우 壓延加工初期에는 SAE 1006, SAE 1008과 유사한 傾向을 보이다가 100km를 지나면서 급격한 粗度低下가 이루어진것을 알 수 있다. 이는 Roll表面돌기의 마멸속도가 급진전됨을 나타냈다. SAE 1017은 加工初期부터 表面粗도와 밀접한 關係를 나타내는 Roll表面돌기가 硬度가 높은 板面과 마멸작용이 발생하여 Roll表面이 早期에 鏡面化된 것으로 생각된다.

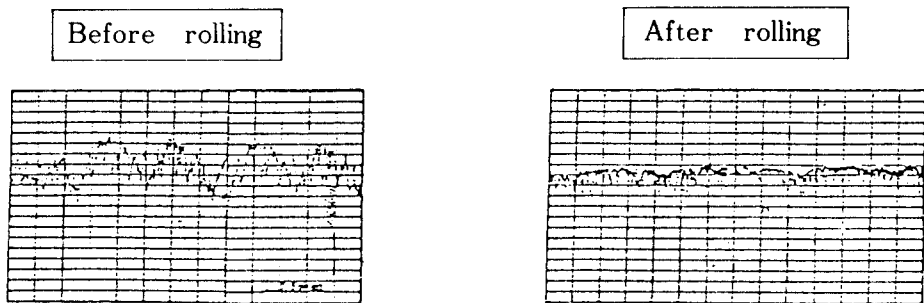


Fig. 5 Surface roughness of strip (SAE 1008).

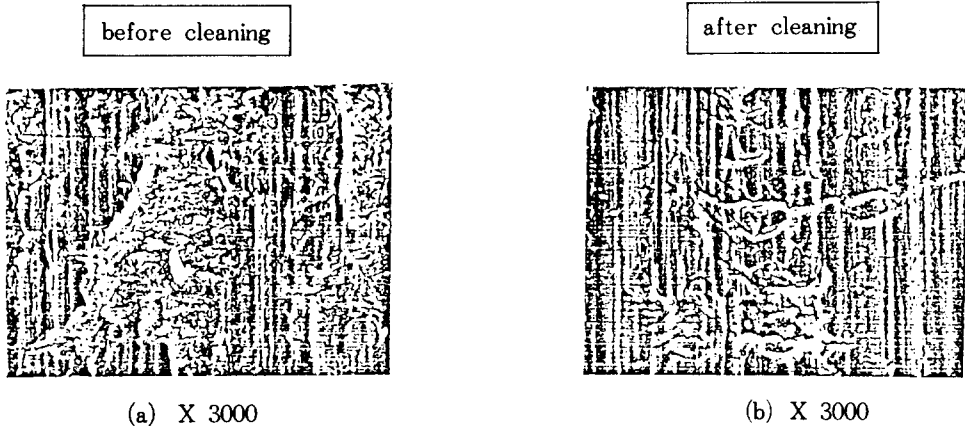


Fig. 6 Strip surface of before and after cleaning (SAE 1008).

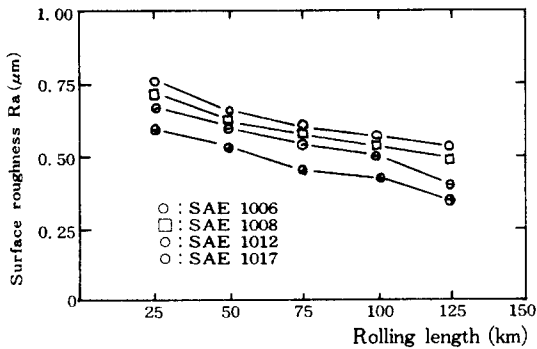


Fig. 7 Relation between strip surface roughness and rolling length.

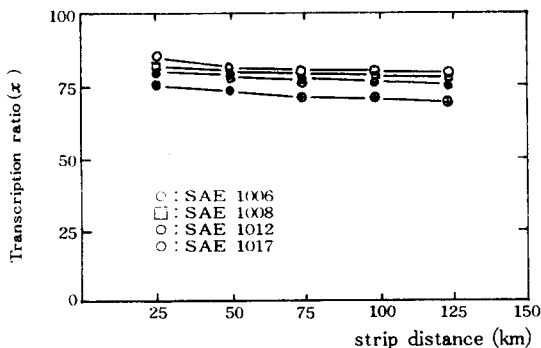


Fig. 8 Relation between transcription ratio and strip distance.

그리고 Fig. 8에는 Roll 粗度가 板面に 轉寫되는 轉寫率 (Transcription ratio) 을 나타냈으며, 여기에서 Roll 粗度和 板面 粗度は 거의 유사함을 알 수가 있었다.

3. 壓下力에 따른 板面 粗度の 變化

Fig. 9는 壓延加工을 하기 위하여 壓下力이 Tension reel의 장력과 같이 중요한 인자이므로 壓延 壓下力을 變化시켜 판면조도변화를 나타낸 것이다. 壓延荷重과 판면의 粗度關係를 調査하기 위하여 모든 加工條件을 同一하게 두고 總壓下力을 同一處理 Size에 대하여 變化시켜 보았다. 壓下力을 크게 하면 Tension reel의 장력은 줄어들고, Tension reel의 장력을 크게 하면 壓下力이 작아도 가공이 가능하게 되는 관계를 가지지만 여기서는 Tension reel의 장력을 거의 일정하게 두고 실험을 실시하였다. 壓下力의 變化範圍와 종류는 일반적으로 加工이 행해지는 920~1,050톤 範圍內에서¹²⁾ 대표적인 값인 920톤, 980톤 및 1,030톤으로 加工을 하였으나 Fig. 9에서와 같이 큰 차가 없었다. 압연가공시 압하력은 유압 실린더에 의하여 Back up roll chock에 전달된 후 Work roll chock에 전달됨으로서 양 Roll 사이를 통과하는 철판이 소성변형을 할 수 있도록 한다. 따라서 압하력 차가 다소 발생하여도 Fig. 9에서와 같이

압연가공거리에 따라서는 조도가 감소되지만 압하력의 변화에 대한 조도차는 거의 없었다. 또한 Fig. 9는 SAE 1008만을 사용하였으며 동일 압하율에서 실험을 하였다.

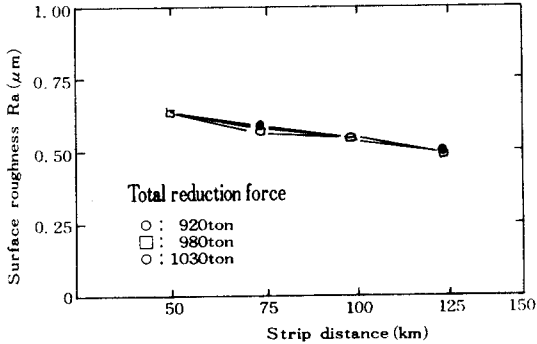


Fig. 9 Relation between strip surface roughness and strip distance.

4. 壓下率에 따른 板面粗度の變化

壓延加工時 總壓下率(Total reduction ratio)을 구하고 각 Pass별로 압하율을 구하여 압연가공을 위한 스케줄을 정하는 계산방법은 여러가지가 있으나, 본 실험에서는 총압하율을 사용하였다.

Fig. 10은 壓延加工時 總壓下率을 변화시켜 압연가공거리에 따른 판면조도변화를 나타낸 것으로서, 總壓下率은 56.38%, 63.63% 및 70.09%에서 압연

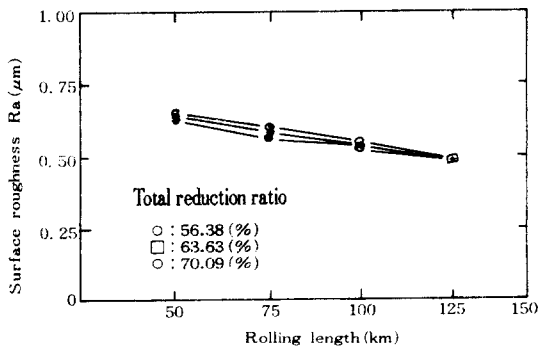


Fig. 10 Relation between strip surface roughness and rolling length.

가공을 실시 하였으며 이를 5 Pass로 분할가공하기 위하여 각 Pass 별 壓下率을 각 Pass마다 입구측 두께에 따른 출구측 두께를 사용하여 구하고 이 값에 따라서 압연가공을 하였다.

總壓下率을 56.38%, 63.63% 및 70.09%로 변화시키면서 압연가공을 실시한 결과 압연가공거리에 따른 판면의 조도변화는 Fig. 10에서의 같이 압연가공거리가 증가함에 따라 판면의 표면조도가 감소되어짐을 알 수가 있다. 그러나 총압하율의 변화에 따른 판면의 조도변화는 거의 없음을 알 수가 있다.

5. CC材와 IC材와의 比較

Fig. 11은 CC材와 IC材의 판면조도를 압연가공시에 조사한 것으로서 여기서 사용된 CC材는 IC材보다 알루미늄 성분이 0.4%정도 높게 나타났다.

CC材는 IC材보다 表面硬도가 높을뿐 아니라 알루미늄 함유량이 많은 Dull粉末이 Work roll表面에 凝着되므로 Back up roll에 전착경화되어 Work roll 表面粗도가 早期에 경면화되는 현상이 나타나 IC재 처리시보다 조기에 Work roll slip 현상이 발생된다고 생각할 수 있다.

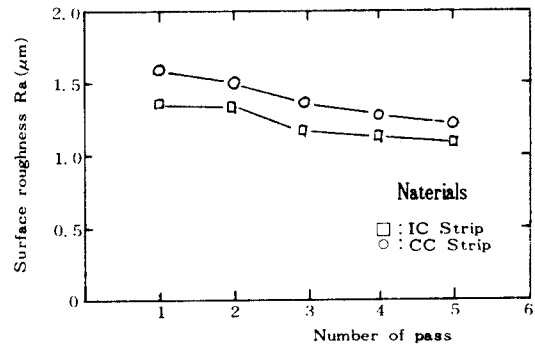


Fig. 11 Relation between strip surface roughness and number of pass.

IV. 結 論

壓延加工時 板面に 나타나는 粗도와 Work roll 粗度變化에 관하여 材質, 壓下力, 그리고 壓下量을

變化시켜 實驗한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- (1) 板面粗度는 Work roll 表面粗度變化와 유사하며, 轉寫率은 炭素含有量이 많으면 감소한다.
- (2) 壓延 總壓下力의 變化와 總壓下率의 變化에 따른 板面の 粗度 變化는 크지 않다.
- (3) 알루미늄이 함유된 CC材는 IC材보다 板面硬도가 높고, Roll 表面에 Dull粉末凝着으로 인한 鏡面化가 빠르며, 板面粗度低下도 急速히 進行된다.

참고문헌

1. P. Ratte and J. T. Bouteille; Proe. of int. conf. on steel rolling P. 885(1980)
2. 柳島章也, 藤原俊二, 北村邦雄, 安田 顯; 鐵と鋼, 第13號, P. 1204(1982)
3. 神馬照正, 岩藤秀一, 岡見雄二; 潤滑, 8, P. 17(1982)
4. 北村邦雄, 安田 顯, 角山浩三, 柳島章也; 鐵と鋼, 第13號, P. 1202(1982)
5. 岩藤秀一, 園田 榮; 冷間 壓延における WORK ROLL の 摩耗 Mechanism の 檢討, 鐵と鋼, 第11號, P. 103, (1989)
6. 原木算二, 萬羽昭夫; 鋼板의 冷間 壓延における ROLL の 粗度 低下에 關する 檢討, 鐵と鋼, 第3號, P. 126, (1987)
7. 待貫 輝 川並高雄; 塑性と 加工, 第3號, P. 990, (1982)
8. 日本鐵鋼協會 鐵鋼基礎共同 研究會 鐵鋼材料의 摩耗部會編; 鐵鋼材料의 摩耗, P. 73, (1984)
9. 角山浩三, 北村邦雄, 伊藤健治; 鐵と鋼, 第13號, P. 1203, (1982)
10. 神馬照正, 岩藤秀一, 園田 榮, 山本 昇, 青林智幸; 鐵と鋼, 第5號, P. 377(1983)
11. 大越 算, 坂井秀春; 摩耗의 機構의 研究(第3譜), 日本器械學會 論文集, 第7卷, 第29號, PP. 1~29(19410)
12. 井上俊夫; 壓延理論의 理論と 實際, 技報堂, P. 251, (1977)

용어해설

CIM & AI을 위한

● Anticipated Delay Report:

제조자와 구입자의 양자에 의해 물량계획기능에 관한 보통 발행되는 상비의 보고서, 이 중에는 시간대로 완성할 수 없는 용이나 구입명령, 왜 할 수 없는가, 언제 완성되는가에 관해 기술된다. 이것은 페루프(Material Requirement Planning) 시스템의 하나의 본질적인 성분이다.